



UNIVERSITAS
INDONESIA

Veritas, Probitas, Justitia

FT

PROSIDING SEMINAR NASIONAL PASCASARJANA KAMPUS UI DEPOK, 7 MEI 2018

*"Inovasi Teknologi Rekayasa Dalam Mendukung
Percepatan Infrastruktur Nasional"*

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA



PROSIDING SEMINAR NASIONAL PASCASARJANA

**Tema: “Inovasi Teknologi Rekayasa Dalam Mendukung Percepatan
Infrastruktur Nasional”**

Volume 1 No.1 Mei 2018
21 x 29,7 cm; viii - 462 hlm

p-ISSN: 2621-1084
e-ISSN: 2620-909X

Penyunting

Windra Priatna Humang, ST., MT
Kemala Hayati, ST., MT

Desain Grafis

Khairina Irin, ST
Riany Aldesty, ST

Diterbitkan oleh:

Departemen Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Alamat: Gedung Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Kampus UI Depok 16424

Tlp (021) 727 0029; Fax (021) 727 0028, Email: semnas.dts.ui@gmail.com

All right reserved. Semua hak cipta © dilindungi undang-undang. Tidak diperkenankan memproduksi ulang, atau mengubah dalam bentuk apapun melalui cara elektronik, mekanis, fotocopy, atau rekaman sebagian atau seluruh buku ini tanpa ijin tertulis dari pemilik hak cipta.

DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab : Dekan Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Ketua Departemen Teknik Sipil FTUI
Ketua Ikatan Ahli Manajemen Proyek Indonesia (IAMPI)
Ketua Himpunan Ahli Manajemen Konstruksi Indonesia (HAMKI)
Ketua : Leni Sagita , ST., MT, Ph.D

EDITOR

Bidang Manajemen Proyek/Konstruksi

- ✓ Prof. Dr. Ir. Yusuf Latief, MT (**Ketua**)
- ✓ M. Ali Berawi, M.Eng. Sc, Ph.D
- ✓ Ayomi Dita Rarasati, ST., MT, Ph.D
- ✓ Rossy Armyn Machfudiyanto, ST., MT

Bidang Struktur

- ✓ Prof. Dr. Ir. Irwan Katili, DEA (**Ketua**)
- ✓ Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA
- ✓ Dr. Ing. Ir. Henki Wibowo Ashadi
- ✓ Dr. -Ing. Josia Rastandi, S.T., M.T.

Bidang Geoteknik

- ✓ Prof. Dr. Ir. Tommy Ilyas, M.Eng (**Ketua**)
- ✓ Prof. Ir. Widjojo A. Prakoso, M.Sc, Ph.D
- ✓ Dr. Ir. Heru Purnomo, DEA
- ✓ Dr. Ir. Wiwik Rahayu, DEA

Bidang Transportasi

- ✓ Prof. Dr. Ir. Sigit P.Hadiwardoyo, DEA (**Ketua**)
- ✓ Dr. Ir. Tri Tjahjono, M.Sc
- ✓ Dr. Ir. Nahry, MT
- ✓ Andyka Kusuma, S.T., M.Sc, Ph.D

Bidang Sumber Daya Air

- ✓ Prof. Dr.-Ing. Ir. Dwita Sutjiningsih, Dipl.HE (**Ketua**)
- ✓ Ir. Gabriel Soedarmini B, MSc, PhD
- ✓ Ir. Herr Soeryantono, MSc. Ph.D
- ✓ Ir. Iwan Renadi Soedigdo, M.Sc., Ph.D

Bidang Lingkungan

- ✓ Prof. Dr. Ir. Djoko M Hartono S.E., M.Eng. (**Ketua**)
- ✓ Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA
- ✓ Dr. Cindy Rianty Priadi, ST. MSc
- ✓ Dr. Ir. Firdaus Ali, M.Sc.

KATA PENGANTAR

Ijinkan kami menyampaikan salam sejahtera, semoga Bapak/Ibu berada dalam keadaan sehat wal'afiat dan senantiasa mendapat perlindungan dari Tuhan Yang Maha Esa. Pelaksanaan Seminar Nasional Pascasarjana yang dilakukan oleh Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia dalam rangka menjawab tantangan pembenahan pembangunan infrastruktur nasional yang kurang merata sehingga dapat meningkatkan daya saing bangsa.

Perlu peningkatan inovasi teknologi rekayasa dalam memberi nilai tambah, di samping menekan kebutuhan biaya dan mempercepat progress pekerjaan infrastruktur. Oleh sebab itu dalam mendukung pembangunan dan penyelenggaraan infrastruktur, akademisi memiliki peran sebagai *scientific backbone*, *technostructure* dan juga sebagai *clearing house* di bidang teknologi infrastruktur. Berbagai ide yang telah terjaring dan melalui pendapat, pemikiran, ide-ide konstruktif yang komprehensif untuk kemudian dirumuskan sebagai kertas kerja yang akan menjadi bagian usulan-usulan solusi bagi kemajuan pembangunan infrastruktur nasional.

Kami sangat berharap ide, pendapat dan pemikiran di prosiding ini yang terhimpun dari berbagai kalangan akademisi dan praktisi dapat menjadi salah satu sumbangsih bagi kemajuan pembangunan infrastruktur di Indonesia. Berbagai bidang ilmu keteknik-sipil yang termasuk didalamnya antara lain bidang manajemen proyek/konstruksi/infrastruktur, geoteknik, struktur, transportasi, sumber daya air dan lingkungan.

Demikian kami sampaikan, semoga apa yang menjadi tujuan dari kegiatan seminar nasional ini dapat terwujud dalam rangka peningkatan inovasi teknologi rekayasa untuk mempercepat pembangunan infrastruktur strategis nasional guna peningkatan daya saing bangsa.

Ketua Departemen Teknik Sipil

Ir. R. Jachrizal Sumabrata, M.Sc (Eng), Ph.D
NIP 196205281991031009

DAFTAR ISI

	Hal
Manajemen Keselamatan Kerja Pada Proyek Stadion Renang Aquatic Senayan (<i>Ramdhani, Nurul Chayati & Idi Namara</i>)	1 - 9
Pemanfaatan Material Lokal <i>Quarry</i> Longalo Sebagai Bahan Lapis Pondasi Atas Jalan Raya (<i>Fadly Achmad</i>)	10 - 16
Simulasi Model Estimasi Biaya Kontingensi Berbasis Risiko Pada Proyek Bangunan Industri dengan Kontrak Rancang Bangun (<i>Filbert Reginald, Yusuf Latief</i>)	17 - 26
Perspektif Mahasiswa Komuter Aktif Terhadap Pelayanan Trans Metro Pekanbaru (Studi Kasus : Universitas Islam Riau) (<i>Muchammad Zaenal Muttaqin</i>)	27 - 36
Tinjauan Kuat Tekan dan Lentur Beton Normal Terhadap Tebal Perkerasan Jalan Beton (<i>Wuriandreza Gigih Muktitama, Muhammad Fauzie Siswanto, Iman Styarno</i>)	37 - 46
Pengembangan Risk Management Plan Pada Proyek Konstruksi Pipa Air Bersih (<i>Ervin J. Mansyur, Leni S. Riantini</i>)	47 - 56
Analisis Pemilihan Moda Transportasi Rute Tanjung Karang – Bandara Radin Inten II Dengan Stated Preference, Uji Crame’s V Dan Uji Chi-Square (<i>M. Abi Berkah Nadi, Aleksander Purba, Ahmad Zakaria</i>)	57 - 66
Pengaruh Fiber Polypropylene Pada Kekuatan Lentur Roller Compacted Concrete (RCC) (<i>Gita Nur Aisyah, Iman Satyarno</i>)	67 - 75
Pemetaan Wilayah Pada Rencana Pengembangan Walini Sebagai Technology Park Berbasis Silicon Valley (<i>Wahyu Indra Budi, Mohamed Ali Berawi, Leni Sagita Riantini</i>)	76 - 85
Kajian Gedung Perawatan Sekolah Pada Daerah Banjir di Kota Bekasi (<i>Dewi Yustiarini, Listya Indri Prasetiati</i>)	86 - 94
Analisis Kebutuhan Zoss Di Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan (<i>Abdul Azis</i>)	95 - 102
Analisis Pushover Pada Jembatan Dengan Pergeseran Perletakan (<i>Sharon Ruth Toreh, Josia Irwan Rastandi, Syahril A. Rahim</i>)	103 - 109
Analisa Performa Subsea Buoy Pada Sistem Flexible Riser (<i>Adam Pahlevi Chamsudi, Iwan Renadi Soedigdo, Josia Irwan Rastandi</i>)	110 - 119
Pengembangan Kompetensi Tim Proyek Berbasis Risiko Dalam Rangka Meminimalisir Rework Agar Meningkatkan Kinerja Biaya Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung di PT.X (<i>Mutia Zahrina Putri, Leni Sagita Riantini, Eddy Subiyanto</i>)	120 - 129
Evaluasi Konvergensi Elemen Pelat Lentur Komposit Triangular MITC3 (<i>Dian Rahmawati, Irwan Katili, Imam Jauhari Maknun</i>)	130 - 138

Kajian Upgrading Unit Proses Dan Pengujian Kinerja Pengolahan Air Limbah Domestik (<i>Elis Hastuti, Reni Nuraeni</i>)	139 - 148
Analisis Pola Perjalanan Masyarakat Perkotaan Yogyakarta (<i>Dian Azmi, Muhammad Zudhy Irawan</i>)	149 - 157
Studi Parametrik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Tiang Tunggal Menggunakan Tiang Pipa Baja Diameter 20 Cm Pada Tanah Lunak (<i>Anas Puri</i>)	158 - 167
Strategi Pengembangan Inventori Suku Cadang Pesawat Udara Berbasis Risiko Dengan Indikator Kinerja Utama (IKU) Sebagai Alat Ukur Keberhasilan (<i>Ira Debora Parhusip, Leni Sagita Riantini</i>)	168 - 178
Studi Perbandingan Kinerja Seismik Jembatan Pejalan Kaki Yang Dimodelkan Sebagai Sistem Struktur Balok Vierendeel Dan Balok Menerus (<i>Hansel Loshaleess, Yuskar Lase</i>)	179 - 186
Analisis Respon Seismik Struktur Baja Bresing Konsentrik Dengan Perletakan Isolator di Lantai Dua (<i>Hendro, Yuskar Lase</i>)	187 - 196
Evaluasi Kinerja Dinamik Struktur Jembatan Perlintasan Kereta Api Rangka Baja Dengan Pengujian Getaran (<i>Christian, Josia I. Rastandi</i>)	197 - 206
Penggunaan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Pembuatan Batako (<i>Keumala Citra Sarina Zein, M. Aris</i>)	207 - 213
Peningkatan Koefisien Permeabilitas Lapangan Pada Tanah Lempung Akibat Pengaruh Lubang Resapan Bio Pori (LRB) (<i>Lolom Evalita Hutabarat</i>)	214 - 223
Studi Karakteristik Beton Ringan Cangkang Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Bahan Tambak 1,2% Superplasticizer Dan Variasi Silica Fume (<i>Ayudia Mutiara Fani, Essy Arijoeni, Elly Tjahjono</i>)	224 - 232
Analisis Resiko Dalam Pekerjaan Atap Stadion Renang Aquatic Senayan (<i>Rizki Suhatmaja, Nurul Chayati, Fadhila Muhammad</i>)	233 - 239
Pengendalian Waktu Proyek Pada Pembangunan Atap Stadion Renang Aquatic Senayan dengan Metode Critical Path Method (<i>Reza Dwi Astuti, Nurul Chayati, Fadhila Muhammad</i>)	240 - 248
Kajian Pengelolaan Sampah Domestik Kabupaten Bogor Melalui TPST 3R (<i>Abdul Rojak, Dini Aryanti, Idi Namara</i>)	249 - 257
Consolidation Impacts on Deformation and Safety Factors of Manado Ring Road Embankment with Material Model Soft Soil and Mohr-Coulomb (<i>O.B.A Sompie, Riel J. Mantik, A.L.E Rumayar, T. Ilyas, B.I. Setiawan, Indarto</i>)	258 - 267
Pengujian Kuat Tekan Terhadap Beton Ringan Cangkang Kelapa Sawit Dengan Beberapa Metode Pencucian Cangkang (<i>Farah Dini Sofyani, Elly Tjahjono, Essy Arijoeni</i>)	268 - 273

Pengaruh Ketersediaan Data Parameter Kualitas Air Terhadap Status Kualitas Air Sungai Ciliwung <i>(Yopy Arfan, Dwita Sutjiningsih)</i>	274 - 283
Kerangka Konseptual Pengembangan Sistem Manajemen Terintegrasi (Sistem Manajemen Mutu, Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan) Pada Monitoring Kinerja di Perusahaan Konstruksi <i>(Yurim Hatamaiya S, Yusuf Latief)</i>	284 - 289

PENINGKATAN KOEFISIEN PERMEABILITAS LAPANGAN PADA TANAH LEMPUNG AKIBAT PENGARUH LUBANG RESAPAN BIO PORI (LRB)

Lolom Evalita Hutabarat

Dosen Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia

Jl. Mayjen Sutoyo Cawang Jakarta Timur 13630

lolomevalita@yahoo.com

ABSTRACT

Permeability is a parameter of ground hydraulic conductivity which is called the permeability coefficient (k). Measurement of soil permeability is important to know the rate of water infiltration into the soil. Soil permeability is strongly related to its hydraulic conductivity (K). The determination of the permeability coefficient (k) is based on Darcy's law. Biopore Infiltration Hole (LRB) is a simple and effective technology but effectively improves in-situ permeability coefficients. By measuring the in-situ permeability, enhancement of the soil permeability coefficient related to Biopore Infiltration hole treatment. This research was conducted in UKI cawang. The in-situ permeability coefficient was measured using a apparatus prepared in the field. The original soil samples were also taken for permeability tests in the laboratory. The result showed that the coefficient of soil permeability with biopore infiltration increased almost 95,1%.

Keywords: *in-situ permeability coefficient, soil permeability coefficient, Biopore Infiltration Hole.*

ABSTRAK

Permeabilitas merupakan suatu pengukuran hantaran hidraulik tanah yang disebut dengan koefisien permeabilitas (k). Pengukuran permeabilitas tanah sangat penting untuk mengetahui laju masuknya air ke dalam tanah. Permeabilitas tanah sangat terkait dengan konduktifitas hidroliknya (K). Penetapan koefisien permeabilitas (k) didasarkan pada hukum Darcy. Lubang Resapan Biopori (LRB) merupakan teknologi sederhana dan tepat guna namun efektif meningkatkan koefisien permeabilitas lapangan. Dengan mengukur permeabilitas lapangan dapat diketahui pengaruh lubang biopori terhadap peningkatan koefisien permeabilitas. Penelitian dilakukan pada tanah lempung di UKI cawang dengan membuat LRB di beberapa titik yang sudah ditentukan. Nilai koefisien permeabilitas dapat di ketahui langsung dilapangan dengan menggunakan alat yang sudah disiapkan sebelumnya. Sampel tanah asli juga diambil untuk tes permeabilitas di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan koefisien permeabilitas lapangan tanah asli terjadi peningkatan sebesar 95,1% dengan menggunakan LRB.

Kata Kunci: koefisien permeabilitas lapangan, koefisien permeabilitas tanah asli, Lubang Resapan Biopori.

PENDAHULUAN

Tanah adalah kumpulan partikel padat dengan rongga yang saling berhubungan. Rongga ini memungkinkan air dapat mengalir di dalam partikel melalui rongga dari satu titik yang lebih tinggi ke titik yang lebih rendah (Braja and Indrasurya 1998). Sifat tanah yang memungkinkan air melewatinya pada berbagai laju alir tertentu disebut permeabilitas tanah. Sifat ini berasal dari sifat alami granular tanah, meskipun dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti mineralogi yang terikat di permukaan butiran tanah liat. Jadi, tanah yang berbeda akan memiliki permeabilitas yang berbeda. Permeabilitas timbul karena adanya pori kapiler yang saling bersambungan satu dengan yang lainnya diantara butiran padat tanah. Secara kuantitatif permeabilitas dapat dinyatakan sebagai kecepatan Bergeraknya suatu cairan pada media berpori dalam keadaan jenuh (Sutanto 2005). Permeabilitas ini juga merupakan suatu pengukuran hantaran hidraulik tanah yang disebut dengan koefisien permeabilitas (k).

Permeabilitas Tanah

Banyak peneliti telah mengkaji problema permeabilitas dan mengembangkan beberapa rumus. Permeabilitas intrinsik suatu akifer bergantung pada porositas efektif batuan dan bahan tak terkonsolidasi, dan ruang bebas yang diciptakan oleh patahan dan batuan. Porositas efektif ditentukan oleh distribusi ukuran butiran, bentuk dan kekasaran masing-masing partikel dan susunan gabungannya, tetapi karena sifat-sifat ini jarang seragam, konduktivitas hidrolis suatu akifer yang berkembang dibatasi oleh permeabilitas lapisan-lapisan atau masing-masing zona, dan mungkin bervariasi cukup besar tergantung pada arah gerakan air (Foth 1994). Permeabilitas tanah didefinisikan sebagai sifat dari material berpori yang memberikan jalan bagi air untuk mengalir melalui rongga-rongga didalamnya. Material yang memiliki rongga-rongga yang continue disebut *permeable material* seperti kerikil, sedangkan lempung termasuk material *non permeable*.

Tabel 1. Klasifikasi Permeabilitas Tanah

Permeabilitas (cm/jam)	Kategori
<0,1	sangat lambat
0,1 – 0,5	lambat
0,1 – 2,0	agak lambat
2,0 – 6,5	sedang
6,5 – 12,5	agak cepat
12,5 – 25	cepat
>25	sangat cepat

Sumber: (Sutanto 2005)

Aliran Air Dalam Tanah

Air yang terdapat didalam tanah, dapat dibedakan atas air absorpsi yakni air yang diabsorpsi oleh permukaan butir-butir tanah, air kapiler yakni air yang tertahan dalam pori oleh tegangan permukaan dan air gravitasi yakni air yang bergerak sepanjang pori oleh gaya gravitasi. Air dalam tanah adalah air bebas dalam zone jenuh (saturation zone) yang selanjutnya dapat dibedakan atas air tanpa tekanan (*phreatic aquifer*) dengan permukaan yang bebas dan air tanah terkekang (*confined aquifer*) tanpa permukaan bebas. Didalam tanah, sifat aliran mungkin laminar atau turbulen. Pada aliran laminar, masing-masing partikel cairan melalui jalur tertentu yang tidak bertabrakan dengan jalur dari partikel lainnya. Sedangkan pada aliran turbulen, jalur masing-masing partikel saling bertabrakan tidak beraturan (Kodoatie 2012). Tahanan terhadap aliran bergantung pada jenis tanah, ukuran butiran, bentuk butiran, rapat massa, serta bentuk geometri rongga pori. Temperatur juga sangat mempengaruhi tahanan aliran (kekentalan dan tegangan permukaan).

Menentukan Permeabilitas Tanah

Pengukuran permeabilitas tanah sangat penting untuk beberapa kepentingan di bidang pertanian serta infrastruktur sipil, misalnya masuknya air ke dalam tanah, gerak air ke akar tanaman, aliran air drainase, evaporasi air pada permukaan tanah, kesemuanya itu dapat dipengaruhi oleh permeabilitas tanah yang mana berkaitan pula dengan peranan konduktivitas hidrauliknya (K). Penetapan konduktivitas hidraulik didasarkan pada hukum Darcy (Hubbert 1956). Dalam hukum ini tanah dianggap sebagai kelompok tabung kapiler halus dan lurus dengan jari-jari yang seragam. Prinsip yang digunakan adalah jumlah aliran antara dua titik adalah berbanding lurus dengan perbedaan tekanan antara titik-titik dan kemampuan media melalui yang mengalir untuk menghambatarus.

$$k = \frac{Q.L}{A.t.\Delta h} \quad (1)$$

dimana,

- k = koefisien permeabilitas (cm/detik),
 Q = debit aliran (cm³/detik),
 A = luas penampang aliran (m²/atau cm²),
 t = waktu tempuh fluida sepanjang L (detik)
 h = selisih ketinggian (m atau cm),
 L = panjang daerah yang dilewati aliran

Suatu lapisan tanah yang berbutir kasar yang mengandung butiran-butiran halus memiliki harga k yang lebih rendah. Koefisien permeabilitas merupakan fungsi dari angka pori, tanah yang berlapis-lapis, permeabilitas untuk aliran sejajar lapisan lebih besar dari pada permeabilitas untuk aliran tegak lurus lapisan. Permeabilitas lempung yang bercelah (*fissured*) lebih besar dari pada lempung yang tidak bercelah (*unfissured*). Koefisien permeabilitas (k) tergantung dari jenis serta kerapatan tanah. Pada umumnya koefisien permeabilitas itu mempunyai harga yang sangat berbeda-beda, seperti yang tercantum pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah

	Lempung	Lanau	Pasir sangat halus	Pasir halus	Pasir sedang	Pasir kasar	Kerikil kecil
D ₁₀ (mm)	0-0,01	0,01-0,05	0,05-0,10	0,10-0,25	0,25-0,50	0,50-1,0	1,0-5,0
k (cm/detik)	3x10 ⁻⁶	4,5x10 ⁻⁴	3,5x10 ⁻³	1,5x10 ⁻²	8,5x10 ⁻²	3,5x10 ⁻¹	3,0

Sumber: (Nakazawa and Sosrodarsono 2000)

Permeabilitas Lapangan

Lubang Resapan Biopori(LRB) merupakan metode alternatif untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah menggunakan teknologi sederhana namun tepat guna berupa liang atau terowongan yang bercabang-cabang yang terbentuk oleh adanya aktivitas fauna tanah, seperti rayap, dan semut yang menggali liang dalam tanah. Peningkatan aktivitas organisme dalam tanah tentunya akan menambah jumlah lubang biopori yang terbentuk. Dengan semakin banyaknya lubang biopori tersebut tentunya akan meningkatkan laju infiltrasi air ke dalam tanah serta membantu konservasi air dalam tanah.

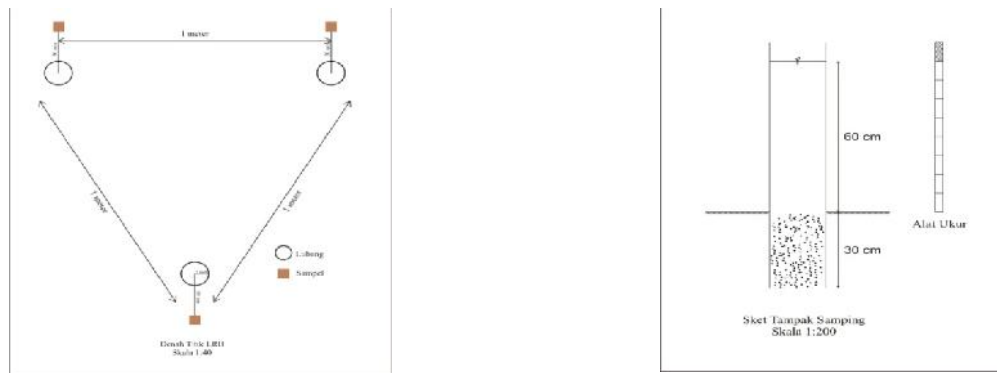
Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 Tentang Pemanfaatan Air Hujan (Hidup 2009), LRB adalah Lubang yang dibuat secara tegak lurus (vertikal) ke dalam tanah, dengan diameter 10–25 cm dan kedalaman Sekitar 100 cm atau tidak melebihi kedalaman muka air tanah. Dalam LRB akan terbentuk biopori yang merupakan akibat dari aktivitas dengan memanfaatkan sampah organik sebagai sumber makanan. Dinamakan biopori karena memanfaatkan aktivitas fauna tanah atau akar tanaman (*bio*) yang membentuk lubang-lubang terowongan kecil (*pore*) di dalam tanah. Peran organisme di dalam tanah itulah yang sangat penting dalam membentuk biopori. Beberapa penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya terkait dengan hal ini (Victorianto, Qomariyah et al. 2014, Halaududin, Suhendra et al. 2016) mengindikasikan adanya LRB mampu mencegah genangan dan banjir karena mempercepat infiltasi air ke dalam tanah. Tentu saja aliran air masuk ke dalam tanah juga dipengaruhi oleh beda elevasi tanah dan tinggi tekan air (*head*).

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- Untuk mengetahui dan mengerti cara pengukuran atau penentuan permeabilitas lapangan dari tanah secara langsung melalui pengujian lapangan.
- Mengetahui pengaruh lubang biopori terhadap peningkatan koefisien permeabilitas.

METODOLOGI

Metode penelitian yang dilakukan yaitu dengan membuat Lubang Resapan Biopori (LRB) untuk mengukur besarnya laju infiltrasi pada tanah dengan lubang biopori. Letak LRB yang dibuat dengan denah berbentuk segitiga dengan jarak dari titik ke titik yaitu 1 meter dan titik LRB ke titik sampel tanah yaitu 40 cm. Serta mengambil contoh tanah di dekat LRB untuk menganalisis sifat fisik tanah serta uji permeabilitas di laboratorium dengan tinggi energi tetap (*constant head*) .



Gambar 1. Penempatan Lubang Resapan Biopori

Pengukuran penurunan air menggunakan pipa paralon berukuran 4 inci dan panjang 100 cm yang telah tertancap 30 cm ke dalam tanah, kemudian diisi air setinggi 60 cm. Pengamatan dilakukan terhadap penurunan muka air pada paralon setiap interval waktu 5 menit menggunakan alat yang telah disediakan. Pengukuran dalam cm/menit dilakukan terhadap 3 kondisi tanah pada lubang paralon yaitu:

- tanah asli (dibiarkan selama 1 hari sebelum diukur)
- tanah asli yang digali setebal 30 cm kemudian diisi pasir (dibiarkan selama 1 hari sebelum diukur)
- tanah asli yang digali setebal 30 cm kemudian diisi sampah sebagai LRB dengan terlebih dahulu mengeluarkan pasir dari lubang (dibiarkan selama 1,5 minggu sebelum diukur)

Lokasi penelitian dilakukan di kampus UKI Cawang Jakarta Timur selama 3 (tiga) bulan yaitu dari bulan November sampai dengan Januari.



Gambar 2. Lokasi pembuatan LRB

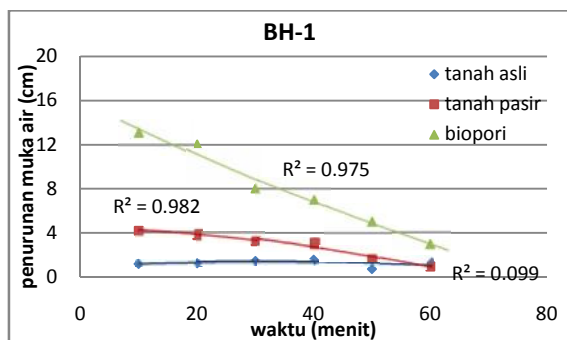
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran di lapangan di dapatkan hasil sebagai berikut:

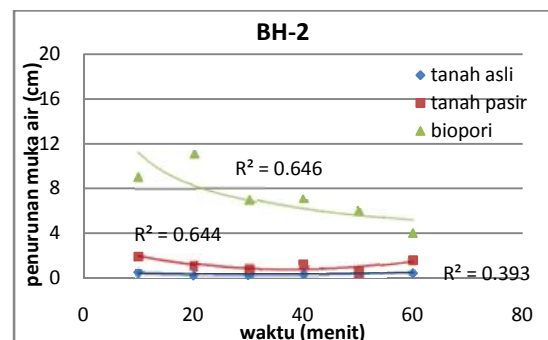
Tabel 3. Penurunan muka air

t (menit)	Tanah asli			Tanah pasir			Tanah LRB		
	BH-1	BH-2	BH-3	BH-1	BH-2	BH-3	BH-1	BH-2	BH-3
10	1,20	0,50	2,68	4,20	1,90	3,70	13	9	18
20	1,25	0,23	2,30	3,80	1,06	2,86	12	11	14
30	1,45	0,25	1,90	3,26	0,71	3,18	8	7	11
40	1,56	0,37	3,20	2,98	1,23	3,60	7	7	7
50	0,74	0,52	3,65	1,67	0,50	5,25	5	6	6
60	1,30	0,43	1,36	0,97	1,60	5,63	3	4	4

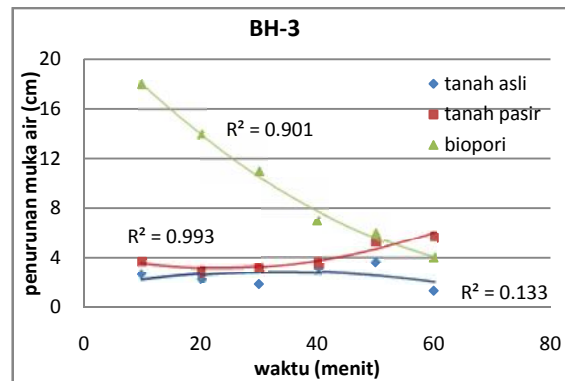
Dari Tabel 3 diatas dapat terlihat bahwa terjadi peningkatan yang signifikan terhadap penurunan muka air pada paralon yang artinya waktu yang dibutuhkan infiltasi air masuk ke tanah semakin pendek.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Perbandingan penurunan muka air pada setiap lubang (a) pada BH-1; (b) pada BH-2; (c) pada BH-3

Dari Gambar 2 terlihat peningkatan penurunan muka air pada lubang dengan LRB yang sangat signifikan di awal. Hal ini dipengaruhi oleh adanya penambahan bahan organik berupa sampah daun-daunan yang kian membusuk kedalam lubang, kemudian terdekomposisi oleh mikroorganisme dan fauna didalam tanah. Adapun yang mempengaruhi jalannya dekomposisi mikroorganisme dalam menguraikan sampah adalah faktor kelembaban, faktor aerasi, serta lamanya pengomposan.

Faktor kelembaban memiliki pengaruh dalam mendukung kinerja mikroorganisme menguraikan sampah, secara tidak langsung berpengaruh pada suplai oksigen. Kelembaban dipengaruhi oleh hujan yang membasahi sampah yang berada didalam lubang, sehingga sampah menjadi basah dan kelembaban sampah meningkat. Akibatnya volume udara didalam sampah berkurang, sehingga mengganggu aktivitas mikroba, bahkan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap. Demikian juga faktor aerasi memiliki pengaruh terhadap peningkatan penurunan dengan adanya perbedaan perlakuan terhadap lubang biopori dengan menggunakan pipa tertutup. Reaksi yang terjadi pada dekomposisi ini adalah reaksi aerobik, karena pengomposan terjadi di ruang terbuka yang berada di sekitar kampus UKI.

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya (Dasaputra 2012), nilai koefisien permeabilitas (k) lapangan dari LRB dapat diperoleh dari persamaan:

$$k = \frac{Q}{2\pi H^3} \left[\log \left(\frac{H}{r} \right) + \sqrt{1 + \left(\frac{H}{r} \right)^2} - 1 \right] \quad (2)$$

dimana,

k = koefisien permeabilitas lapangan (cm/detik),

Q = debit aliran konstan (cm³/detik),

r = jari-jari LRB (cm),

H = tinggi air dalam LRB (cm)

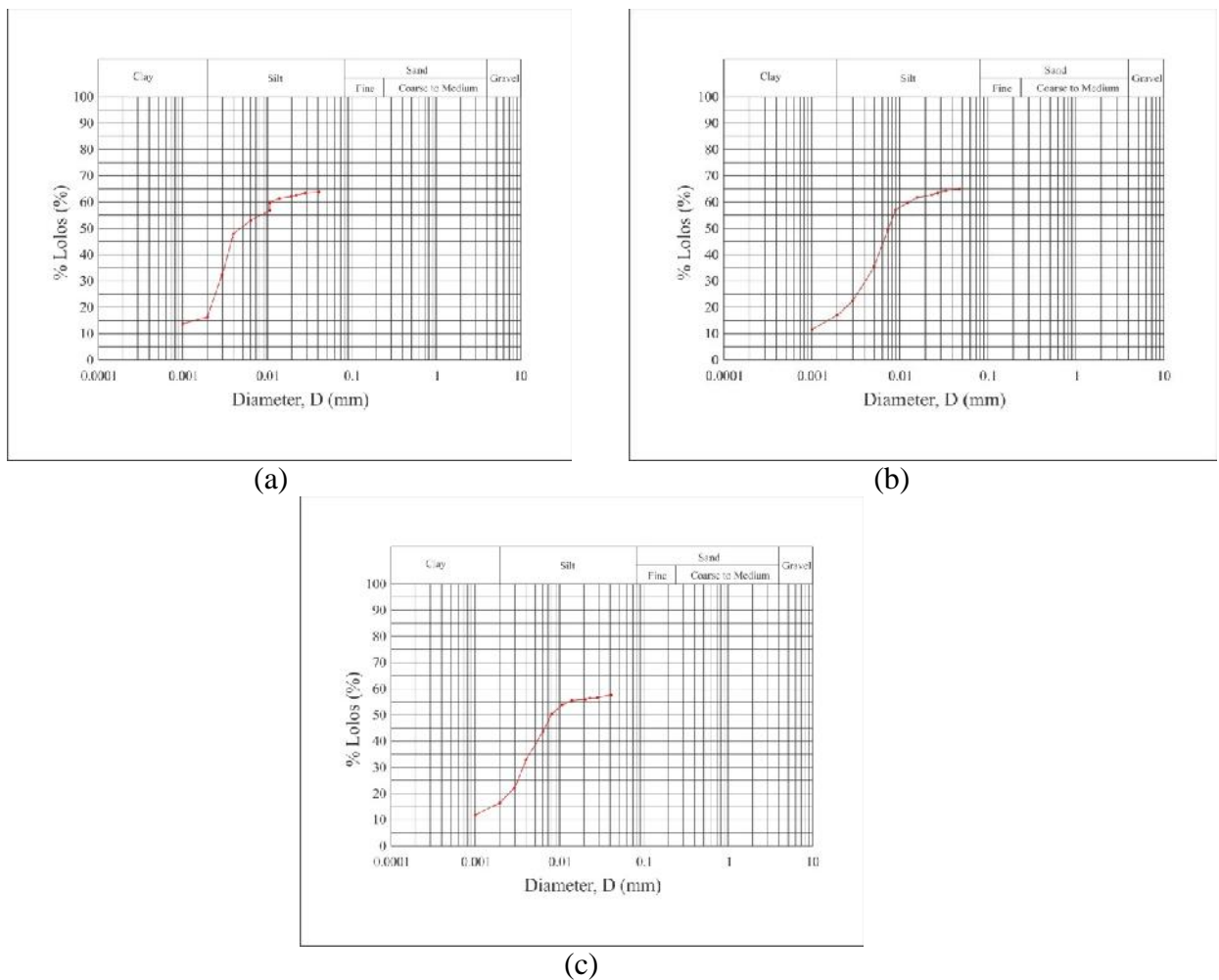
A = luas (cm²),

Dari hasil pengujian di lapangan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Pengukuran permeabilitas lapangan

No Lubang	Nilai k_{lapangan} (cm/detik)		
	Tanah asli	Tanah pasir	Tanah LRB
BH-1	8.9004×10^{-4}	2.0030×10^{-3}	$5,6963 \times 10^{-3}$
BH-2	2.7271×10^{-4}	8.3095×10^{-3}	$5,2192 \times 10^{-3}$
BH-3	1.7908×10^{-4}	2.8745×10^{-3}	$7,1204 \times 10^{-3}$
Rata-rata	4.4728×10^{-4}	4.3957×10^{-3}	6.0120×10^{-3}

Terlihat pada Tabel 4 diatas hubungan k lapangan untuk setiap kondisi tanah baik pada tanah asli, tanah pasir, ataupun dengan menggunakan biopori di lubang yang sama. Secara umum koefisien permeabilitas lapangan tersebut memiliki keselarasan yang sama untuk setiap lubang tetapi terlihat adanya peningkatan nilai k lapangan yang cukup tinggi pada lubang dengan menggunakan biopori. Dengan mengambil nilai rata-rata hasil uji lapangan maka didapatkan nilai K lapangan untuk tanah asli sebesar 4.4728×10^{-4} cm/detik, untuk tanah asli yang diisi pasir sebesar 4.3957×10^{-3} cm/detik, dan untuk tanah asli dengan LRB sebesar 6.0120×10^{-3} cm/detik. Dengan demikian terjadi peningkatan permeabilitas lapangan akibat adanya LRB sebesar 95,1%.



Gambar 4. Distribusi ukuran butiran analisa hidrometer pada 3 sampel tanah asli

Berdasarkan hasil pengujian sampel di laboratorium maka sampel tanah dapat dikategorikan ke dalam kelompok MH (lanau dengan plastisitas tinggi) berdasarkan sistem klasifikasi tanah USCS. Berdasarkan Gambar 4 terlihat hasil uji hidrometer memberikan data yang hampir sama, yaitu tanah berjenis lanau dengan sedikit tanah lempung. Sedangkan mengacu kepada persamaan C_u dan C_c , terlihat bahwa tanah bergradasi buruk karena tidak memenuhi syarat: $1 < C_c < 3$ dan $C_u > 4$.

Tabel 5. Sifat Fisik dan Batas Atterberg Tanah

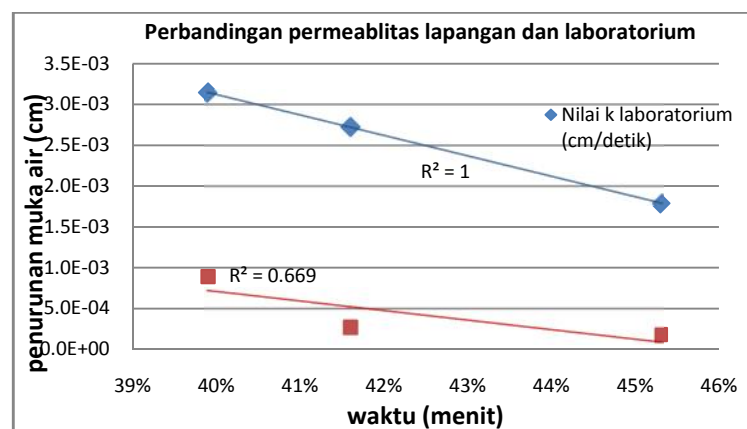
No sampel	Kadar air (%)	γ_{basah} (gr/cm ³)	Berat Jenis (Gs)	W_L %	W_P %	W_S %	I_P %
1	41,6%	1,56	2,74	61,45	50,57	2,85	28,9
2	39,9%	1,45	2,33	63,96	47,15	1,47	30,18
3	45,3%	1,48	2,66	63,42	45,61	1,90	30,64
Rata-rata	42,27%	1,50	2,58	62,94	47,78	2,07	29,91

Jika dibandingkan hasil antar koefisien permeabilitas lapangan dan koefisien permeabilitas laboratorium maka akan terlihat bahwa nilai permeabilitas yang diukur di lapangan lebih kecil dibandingkan dengan permeabilitas yang diukur di laboratorium (Tabel 6).

Tabel 6. Nilai permeabilitas laboratorium dan lapangan

No Lubang	Nilai $k_{\text{laboratorium}}$ (cm/detik)	Nilai k_{lapangan} (cm/detik)
BH-1	3.1456×10^{-3}	8.9004×10^{-4}
BH-2	2.7271×10^{-3}	2.7271×10^{-4}
BH-3	1.7908×10^{-3}	1.7908×10^{-4}
Rata-rata	2.5545×10^{-3}	4.4728×10^{-4}

Hal itu dikarenakan bahwa pada saat pengukuran penurunan air dalam kondisi cuaca yang tidak bagus (musim hujan) dan muka air tanah terdapat di dekat permukaan tanah (35 cm) sehingga mengakibatkan pada saat penggalian lubang menjadi penuh air di salah satu lubang (BH-2). Hal ini dapat terlihat pada pembacaan di Tabel 3, pengukuran penurunan air yang paling kecil terdapat di BH-2, yang dapat terlihat dengan nilai $R^2 = 0,67$ (Gambar 3). Sebaliknya, nilai koefisien permeabilitas terhadap kadar air dari tanah yang diuji di laboratorium menunjukkan trend yang baik dengan nilai $R^2 = 1$.



Gambar 4. Perbandingan koefisien permeabilitas

KESIMPULAN

Dari pengukuran lapangan yang dilakukan untuk menentukan koefisien permeabilitas tanah terhadap 3 kondisi tanah yaitu tanah asli, tanah yang diisi pasir dan tanah dengan LRB dapat diketahui bahwa nilai koefisien lapangan pada tanah asli dan tanah dengan pasir jauh lebih kecil dibandingkan dengan tanah yang menggunakan LRB. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pembuatan LRB terbukti meningkatkan koefisien permeabilitas lapangan sebesar 95,1%. Hal ini berarti bahwa adanya LRB efektif untuk mempercepat masuknya air ke dalam tanah (infiltrasi) sehingga pada saat musim hujan tidak akan terjadi genangan air dipermukaan dalam waktu lama yang dapat berakibat terjadinya banjir. Dari hasil uji lapangan maka didapatkan rata-rata nilai K lapangan untuk tanah asli sebesar 4.4728×10^{-4} cm/detik, untuk tanah asli yang diisi pasir sebesar 4.3957×10^{-3} cm/detik, dan untuk tanah asli dengan LRB sebesar 6.0120×10^{-3} cm/detik. Sedangkan dari uji laboratorium dengan tinggi energi tetap (*constant head*) didapatkan rata-rata nilai koefisien permeabilitas tanah asli yang jauh lebih besar yaitu 2.5545×10^{-3} .

Terlihat bahwa model regresi pada pembacaan penurunan muka air di lubang biopori (Gambar 2) memberikan hasil yang cukup baik dengan nilai $R^2=0,976$ pada BH-1, $R^2=0,646$ pada BH-2 dan $R^2=0,901$ pada BH-3. Adanya sedikit perbedaan nilai R^2 pada BH-2 disebabkan faktor eksternal pada lokasi penelitian yang tidak dapat dihindarkan seperti kondisi cuaca yang tidak bagus (musim hujan) dan muka air tanah terdapat di dekat permukaan tanah (35 cm) sehingga terjadi sedikit anomali hasil pengukuran penurunan air dalam pipa paralon.

Nilai koefisien permeabilitas lapangan pada tanah asli adalah 8.9004×10^{-4} , 2.7271×10^{-4} , dan 1.7908×10^{-4} dengan hasil rata-rata sebesar 4.4728×10^{-4} dimana kondisi tanah yang tidak jenuh (kadar air rata-rata (42,27%). Sementara nilai koefisien permeabilitas laboratorium pada tanah asli adalah 3.1456×10^{-3} , 2.7271×10^{-3} , dan 1.7908×10^{-3} dengan hasil rata-rata sebesar 2.5545×10^{-3} dimana kondisi tanah jenuh. Dapat disimpulkan bahwa tingkat koefisien permeabilitas tanah yang tinggi terdapat pada tanah jenuh air.

Untuk itu disarankan agar pengembangan penelitian kedepannya dapat dilakukan saat cuaca cerah dan bukan pada musim hujan mendapatkan data yang lebih detail dan akurat. Selain itu juga perlu diperhatikan bahwa pengomposan bahan organik memakan waktu yang cukup lama maka sebaiknya menggunakan organik yang sudah sebagian membusuk supaya waktu pengomposannya tidak terlalu lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Braja, M. D. and T. B. M. Indrasurya (1998). *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jakarta: Erlangga. Hal 79-83
- Dasaputra, A. (2012). "Model alat uji permeabilitas lapangan untuk jenis tanah lempung." *Jurnal Rekayasa***16**(1): 01-08.
- Foth, H. (1994). "Dasar Ilmu Tanah, terjemahan S." *Adisoemarto, Erlangga, Jakarta*.
- Halaudidin, H., et al. (2016). "Pemanfaatan Lubang Resapan Biopori (LRB) dan Perhitungan Permeabilitas Untuk Setiap Titik Lubang Resapan di Rawa Makmur Permai Bengkulu." *GRADIEN***12**(1): 1149-1152.
- Hidup, M. N. L. (2009). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2009 tentang Pemanfaatan Air Hujan, MENLH*. Jakarta.
- Hubbert, M. K. (1956). "Darcy's law and the field equations of the flow of underground fluids."
- Kodoatie, R. J. (2012). *Tata Ruang Air Tanah*, Penerbit Andi.
- Nakazawa, K. and S. Sosrodarsono (2000). "Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi." *Jakarta: Penerbit PT. Pradnya Paramita*.
- Sutanto, R. (2005). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Konsep dan Kenyataan*, Kanisius.
- Victorianto, E., et al. (2014). "Pengaruh Lubang Resapan Biopori terhadap Limpasan Permukaan." *Matriks Teknik Sipil***2**(3).



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS INDONESIA



9 772621 108007